

至適運動強度の簡易決定法

著者	久木 文子, 竹内 正雄
雑誌名	星薬科大学一般教育論集
号	10
ページ	1-11
発行年	1992
URL	http://id.nii.ac.jp/1240/00000185/

至適運動強度の簡易決定法

久 木 文 子
竹 内 正 雄

A study on the simple method of determining
proper intensity of physical exercise

FUMIKO, KUKI and MASAO, TAKEUCHI

Hoshi Yakka Daigaku

は じ め に

本学の体育実技の授業中は勿論の事、学生たちが卒業して社会人になってからも、加齢に伴った自らのからだの運動能力や体力の自己点検が出来ることを願っている。

そこで、私たちは学生達が自ら体力の自己点検が出来る手順を、具体化することを考えてきた。私たちの体育実技の授業の中で、これまでに見られない体力測定から、運動プログラム作成手順などをカリキュラムの中に組み入れ、その実習を進めてきている。

疲労困憊に至らない最大下の運動強度⁹⁾¹³⁾の数段階を課し、それに対応する心拍数反応を調べ、運動強度と心拍数の関係から、個人の至適な運動プログラムを決定出来る手順を作成する研究が進められている。この報告は前報¹¹⁾の延長上にあるが、更に、運動強度の決定法の精度を高める手順を組み立てる方法の、作成を目的としている。

実 験 手 順

実験 1（運動強度と心拍数の関係を求める実験）

この実験は体育実技の授業中に行われるので、学級単位で行動されている。

1 学級は、およそ 300 名から成り、1 回の測定には約 50 名ずつが 1 団となって実施する。経時的に行われた脈拍の計数、および運動強度漸増の開始・終了の計時の合図は、すべて検者が持つストップウォッチと笛の合図で進行された。各時点の流れは次のようである。

(1) 安静時の脈拍数測定

- (i) 安静仰臥位を 5 分間とらせた。

この時、静かな **Bach-ground music** を流した。

- (ii) 座位姿勢となり、15 分間の脈拍計測を行った。姿勢変換に際しては動作をゆっくりと行わせ、そのうち、片側の手首橈骨動脈を探りあてるために、数秒間が必要とされた。

(2) 運動の持続と脈拍の計測

- (i) 運動の強度は次の 3 段階である。

- ① 平常歩行 (約 75 m/分)
- ② 速歩き (約 120 m/分)
- ③ ジョギング (約 200 m/分)

- (ii) それぞれ運動時間は 3 分間とした。

- (iii) 運動と運動との間における脈拍計測。

- ① それぞれの運動終了時点で立ち止まり手首橈骨動脈の探しあて
..... 5 秒間
- ② 脈拍の計数
..... 15 秒間
- ③ 記録用紙への記入
..... 5 秒間

このような時間の流れにしたがって、検者によって時間の統一がなされた。

3 段階の運動強度の実施にあたっては、平常歩行では検者が集団の先頭に立ってペースメーカーとなり、速歩き及びジョギングでは集団の後部に位置してス

体育実技運動処方用紙 (女子用)

学級番号 氏名 年齢 19 身長 154cm 体重 50kgTHR 女子 $205 - \text{年齢} \times 0.6 = \underline{111.6}$

クラブテニス

	安静時	歩き (75m/分)	速歩き (120m/分)	ジョギング (200m/分)
R P E		8	11	12
H R (拍/分)	$15 \times 4 = 60$	$20 \times 4 = 80$	$26 \times 4 = 104$	$35 \times 4 = 140$

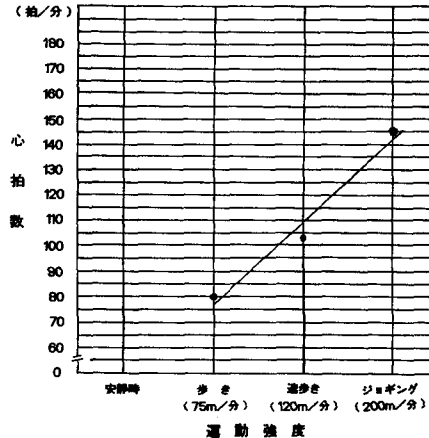


図1 実験に使用された記録用紙

ピードに合わせるように心掛させた。

なお、この一連の測定が終了後、計測された 15 秒間の脈拍数は 1 分間値に換算され、記録用紙 (図 1) の下側にある方眼紙内に、各運動強度に対応する脈拍数をプロットさせ、それぞれの対応点を直線で結ばせた。この時、学生によっては、3 点の位置を回帰直線に近似した直線を記入する者もあった。この直線関係から年齢相当の最高心拍数¹⁾⁸⁾ を推定し、その 60% HRmax に相当する運動強度を見つけた²⁾⁵⁾⁹⁾¹²⁾。

実験 2 (一連の測定中の心拍数変動調査)

実験 1 で行った 3 つの運動強度に対する脈拍計数は運動中の脈拍数でなく、各運動終了後の、5 秒から 20 秒までの間に測定されたものである。従って、そこで行った一連の実験中、心拍数は運動中のものとはならないものと推察される。そこで、脈拍が計測された時の値と、運動強度に対応して、安定した運

動中の心拍数の変動差を見てみる必要がある。

女子 5 人, 男子 5 人の計 10 人の学生をこの実験の被検者とした。各被検者はパルスウォッチ (日本光電工業株式会社, MRC-1200) のベルトを胸部の剣状突起の水準で巻き付けた。このベルトには, 心電図導出用の電極が装着されこれに隣接して送信部が付属している。また, 受信部は, 腕時計状のベルトによって, 一方の前腕部に装着され, 記録することができる。また, デジタル表示もできるようになっている。このようにして, 実験 1 で行った一連の手順を同様に行わせ, この実験中に生じる心拍数変動を記録していった。

結 果 と 考 察

1. 心拍数反応のパターン分類

運動強度が増すと, それに伴って心拍数も増してくる。(図 2) は, 測定に 2 回, 同一学生が参加して得た, それぞれの心拍数と運動強度の関係を示すパターンをいくつかに分類し, それぞれの出現率を示してある。図にみられるように, パターンは 6 種類の区分ができた。それらが図の下段に示してある。すなわち

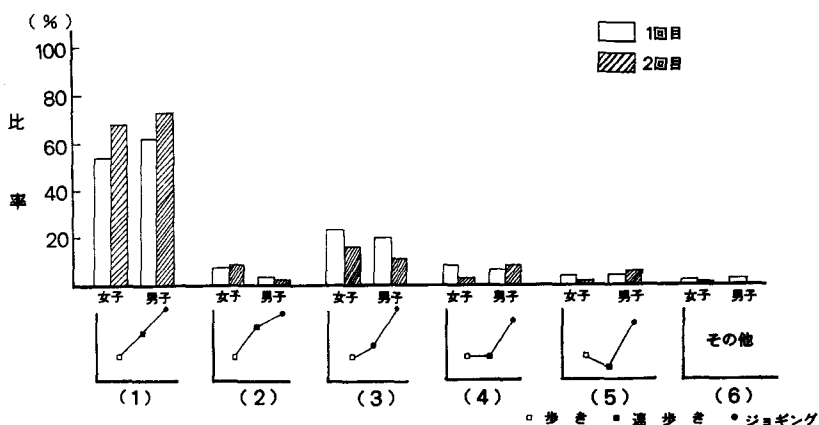


図2 心拍数反応のパターン分類および実験1回目と2回目の出現率の比較

- (1) 3つの運動強度と心拍数がほぼ直線関係を示すパターン。
- (2) ジョギングの段階で心拍数が上昇しないもの。
- (3) ジョギングの段階で大きな上昇の割合を示すパターン。
- (4) 平常歩きと速歩きが、ほぼ等しい値を示す傾向が見られないパターン。
- (5) 中間強度である速歩きの段階で心拍数が低下するパターン。
- (6) 心拍の計数が得られなかったパターン。

この論文では(3)番目のパターンまでを資料とし、論議の対象とした。

出現率を見てみると直線関係を示すパターンが1回目、2回目の測定とも約60～70%と一番大きい比率を示した。ジョギングの段階で大きな上昇の割合を示すパターンが次の順位を占めていた。

測定の経験の有無の影響をみるため、1回目と2回目の測定におけるパターンの出現率を比べてみると、パターンの(1)である直線関係を示すパターンでは、男女とも2回目の方がやや大きい比率を示した。しかし、パターンの(3)であるジョギングの段階で、大きな上昇の割合を示すパターンは2回目に減少を示した。

これは2回目の測定の方が強度と心拍数の関係を見出し易くした、ということであろう。このことからこの測定にはある程度、経験のあることが好ましいといえることができる。

2. 一連の運動と脈拍の計数時に伴う心拍数の変化

体育実技時の脈拍の計数は触診法が採用されている。したがって、被検者たちの手腕に任されるところがある。また、触診計測時以外の、運動中における心拍数変動は、これまで、明らかではなかった。私たちがとらえたい脈拍数は、課された運動強度に対して、安定した反応を示す脈拍数の水準である。そこで私たちは、一連の運動と脈拍の計数時の心拍数変動の実態を調べてみることにした。

(図3)は実験1の過程全体にわたってとらえた、心拍数の経時的変化である。この被検者は男女計10名である。図中の太線は平均値を示す。運動開始とともに、心拍数は上昇を示すが、運動開始2分～3分の間における心拍数は一定水準でほぼ安定していくように見える。運動強度に適応していると解する

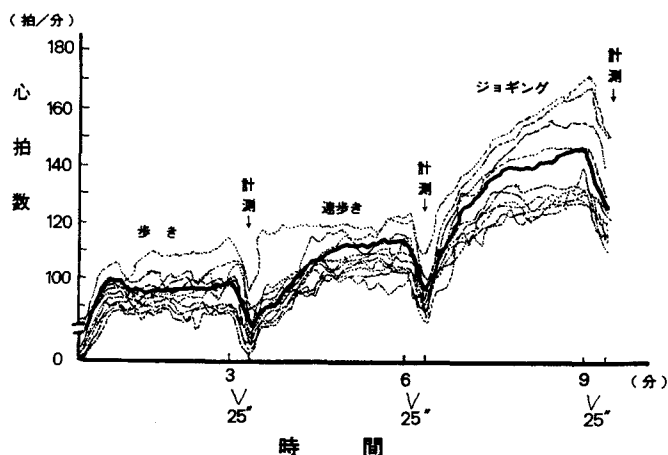


図3 一連の運動中の心拍数変動

事ができよう。

各強度に反応する心拍数の水準もほぼ同様な傾向が見られると言える。だが、ジョギングの終了時には、心拍数の高い者（2名）ほど安定していない。

心拍数の計測は各運動を停止して立位状態で行っている。これは運動中の心拍数を計数することはこの被検者たちにとって困難であり、測定誤差がさらに増す原因になると考えた。また個人値を見ると、それぞれの運動終了時点で心拍数の上昇を示す人たちが多い。この理由は、下肢筋群の運動時の緊張が抜けたことにより、一時的に血液が下肢筋群内に滞留し、静脈還流が減少したことによって、心拍数が増加したためと解することができよう。

方法の項でも述べたように、各脈拍の計数は運動停止直後から5秒間を置いたあと15秒間行われている。さらに、記録用紙記入のために5秒間が費されている。これら25秒間の運動停止時に心拍数は被検者全員、必ず低下を生じている。したがって、前報¹⁾と今回の実験1で計測した心拍数は、低下水準の心拍数を計測していたことが明らかになった。私たちは心拍数が安定した3分間の運動の最後の1分間の心拍数を知りたいのである。したがって測定手順から生じた誤差を修正する方法を考えなくてはならない。

3. 差 の 修 正

これまで行われてきた従来の手順は授業時に行われている測定法であり、強度心拍数関係から至適強度を算出していた。したがって、それから至適運動水準を推定するためには、若干修正を要することになる。そこで、課した3種の強度に対するそれぞれの心拍数の最後の1分間の平均値を取り出してみた。一方、脈拍計数時に相当する各運動終了5秒から20秒までの15秒間の平均心拍数を算出し、それらを図中に短い波線で示した。先ず、従来の方法にしたがって、運動停止中に計数された心拍数の3点から回帰直線を記入してみた。これが(図4)の中の大きな波線で示されている。そこで、各運動強度における最後の1分間の心拍数から、回帰直線を描いてみた。それが図中の実線で示した回帰直線になる。それぞれの回帰方程式を求めてみると、下記のようになる。

波 線 $Y=0.402X+64.9$

実 線 $Y=0.397X+72.9$

これらの式から傾斜部の係数は0.402と0.397と、きわめて近似している事がわかる。

また、Y切片の心拍数の差は平均的にみて、約8拍であることがわかった。

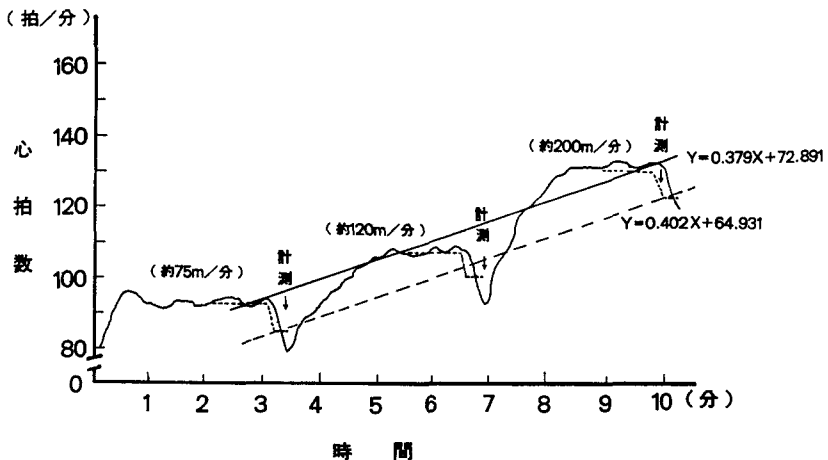


図4 パルスウォッチでの心拍計測と触診計測の差の修正

そこで、私たちは誤差を修正する為、すなわち、運動に適応した状態に補正する為、実験1と同様にこれまで行って求めてきた。回帰方程式の Y 切片を示す数値に8拍分を加え、本来測定すべき実線の方程式にまで持ち上げることにした。いいかえれば、各運動終了後の心拍の計数に、8拍ずつを加えたことになる。下記の式は、8拍分上側に平行移動させた補正式である。

$$Y=0.402X+(64.9+8.0)$$

4. 60%HRmax に相当する補正前後の至適運動強度の分布

個々の学生が計数した心拍数を8拍分補正することによって、運動強度——心拍数関係の方程式を求めた。その個々人の求めた補正の方程式から、60%HRmaxの運動スピードを求めた。これらをまとめ、各運動スピードに対する分布をみた。そこで、これらを補正前後の分布と比較してみた。白枠は補正前、斜線枠は補正後を示している。スピードの級間は20 m/分間隔でとってある。そして、縦軸に出現率をあらわしてみた。

(図5)の男子学生30人は補正前は181~200 m/分の30%を中心に、補正後は161~180 m/分を中心にはほぼ左右均等な分布に移動した。

また(図6)の女子学生101人を見ると、補正前は141~160 m/分の約30%

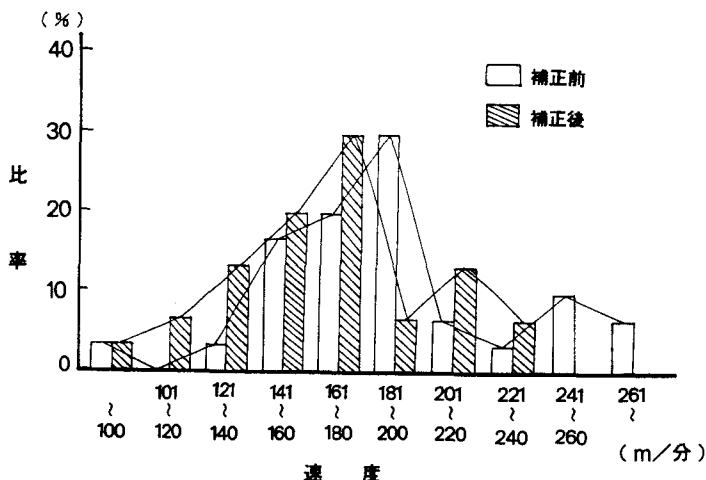


図5 男子学生の60%HRmaxに相当する補正前後の至適運動強度の分布

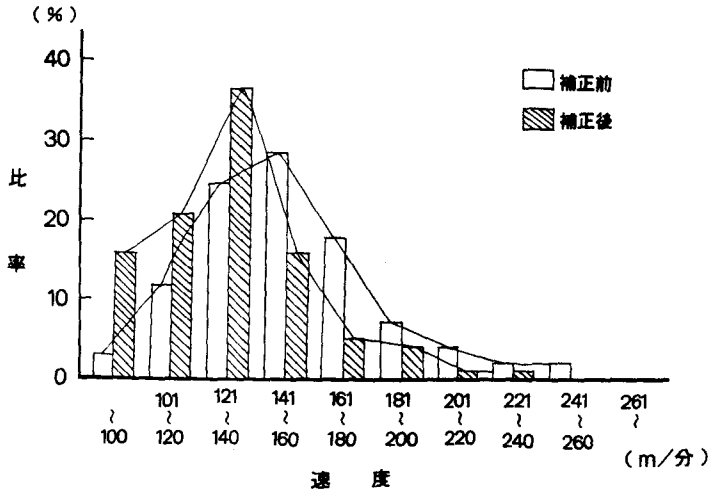


図6 女子学生の60%HRmaxに相当する補正前後の至適運動強度の分布

が中央に位置した分布になっていた。これが補正後 121~140 m/分と男子よりも約 40 m/分遅い部分に分布が移動していった。補正後は 121~140 m/分の約 35% を中心に遅い運動方向に分布が移動したことがみられる。

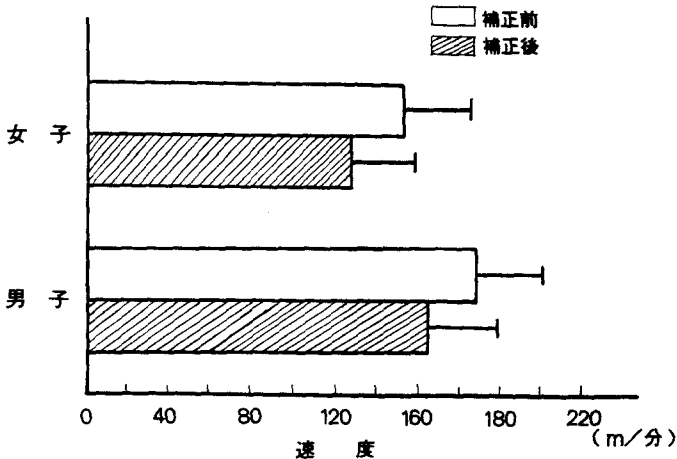


図7 60%HRmax時の至適速度の補正前後の平均の比較

5. 60%HRmax 時の至適速度の補正前後の平均の比較

(図7) は運動プログラム作成のための運動スピードを、補正前後で比較したものである。

男子学生は補正前平均スピードが 187 m/分であった。補正後の結果は、163 m/分にまで移動した。女子学生は補正前は平均値が、152 m/分であったが、補正後は、128 m/分と修正された。これらの結果、男女とも補正前後の 8 拍分のずれのスピードの差は約 24 m/分ということが分かった。

ま と め

私たちはこれまで本学体育実技の中で、学生たちが自らの体力の自己点検ができることをめざし、運動プログラムの作成手順の実習の研究を試みてきた。この手順による脈拍の計数は学生個人の触診に頼り、さらに、行わせた運動と運動の間で立ち止まり、脈拍を計数するため、運動中の脈拍数とは 8 拍分の誤差が生じていることがわかった。プログラム作成の手順の正確性を増す手順を考案し、同一個人が複数の測定に参加することにより、測定法の確度を示すパターンが増加した。このことは運動プログラム作成がより確かになったと言える。

これらの事から強度——心拍数関係をもとに 60% HRmax から補正された走速度は女子学生 127.6 m/分、男子学生 163.4 m/分であることが分かった。さらに、これらに相当する心拍数の絶対値は女子学生 111 拍/分相当、男子学生 120 拍/分相当であることが確かめられた。

したがって、他のスポーツ競技に類似した体育実技教材を使用するとき、これらの心拍体育実技教材を使用するとき、これらの心拍数が、運動強度の下限となるような状態を創り出すことが、実技強度の目標とすることになるということができよう。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、懇切、丁寧な指導を戴いた日本体育大学石井喜八教授に心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Astrand, I.: Aerobic work capacity in men and women with Special reference to age. *Acta Physiol. Scand.* 169 (Suppl. 1), 1960.
- 2) 猪飼道夫: 身体運動の生理学, 1973.
- 3) 伊坂忠夫, 上野優子, 石井喜八: 年代別にみた運動強度と心拍数の関係——運動指導の立場から——, *日本体育大学紀要*, 19: 13-19, 1990.
- 4) 伊坂忠夫, 石井喜八: 公共運動施設・駒沢トレーニングセンター の場合, *体育の科学*, 41: 437-441, 1991, 1991.
- 5) 石井喜八, 伊坂忠夫, 高橋勝美: 一般人の運動強度設定と実践運動強度の不一致の条件, *日本体育大学紀要*, 29: 19-29, 1990.
- 6) 石井喜八, 祝 孝治, 滝沢淳子, 青山敏彦: 公共体育施設に來館する健康運動相談の実態調査, *日本体育大学紀要*, 18: 79-93, 1989.
- 7) 池上晴夫: 運動処方理論と実際, 1990.
- 8) Davies, C. T. M.: Limitations to the prediction of maximal Oxygen intake from cardiac frequency measurements. *J. Appl. Physiol.*, 24: 700-706, 1968.
- 9) FOX, S. M. and J. P. Naughton and W. L. Hsaskell: Physical activity and the Prevention coronary heart disease. *Ann. Clin. Res.* 3: 404-432, 1971.
- 10) Karvone, E. Kentala. and O. Mustala: The effects of training on heart rate, *Ann. Med. Exper Fenn.* 35: Fasc. 3. 1957.
- 11) 久木文子, 竹内正雄: 体育実技時の運動処方の一つの試み, *星薬科大学一般論集*, 第 10, 9-18, 1992.
- 12) 宮下充正, 武藤芳照, 吉岡伸彦, 定本朋子: 全身持久力の評価尺度としての $PWC_{75\%HR_{max}}$ *Jap. J. Sports Sci.*, 2: 912-916, 1983.
- 13) 上野優子, 伊坂忠夫, 塚原賢治, 河合由貴, 石井喜八: 一般人の運動指導のための Target HR Zone の設定. *体育の科学*, 37: 782, 1988.
- 14) Wahlund, H. G.: Determination of the Physical working capacity: A Physiological and clinical study with Special refernce to standardization of cardio-pulmonary function test. *A Cta. Med. scand.* 215, 9, 1948.